

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan tebal Lapis Perkerasan Jalan

Perencanaan tebal lapis perkerasan jalan menggunakan metode Manual Perkerasan Jalan 2017 dan Metode AASHTO 1993. Data-data yang diperlukan untuk menghitung CESA adalah jumlah masing-masing jenis kendaraan, umur rencana dan laju pertumbuhan lalu lintas.

Berdasarkan fungsinya, ruas Jalan Laha – Negeri Lima merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan sekunder. Selain itu, tipe jalan tersebut adalah jalan dua lajur dua arah tanpa median (2/2 TT).

Direncanakan jalan dibuka pada tahun 2020 dengan umur rencana 20 tahun dan laju pertumbuhan lalu lintas 3,5%. Karena tidak terdapat data pertumbuhan lalu lintas maka digunakan data pertumbuhan lalu lintas rata-rata Indonesia pada Tabel 2.3. Sedangkan untuk jumlah masing-masing jenis kendaraan dilakukan survei pada Jalan Laha dan Jalan Hitu. Survei yang dilakukan pada jalan Laha dan Jalan Hitu hari Rabu, 19-Februari -2019 pada pukul 06.00 sd 22.00. Data lalu lintas yang didapat merupakan jumlah kendaraan perhari dalam dua arah maka koefisien distribusi lajur (DD) adalah 0,5 dan untuk koefisien distribusi lajur (DL) adalah 1 karena hanya terdapat satu lajur dalam setiap arah. **Tabel 4.1** memperlihatkan data lalu lintas harian rata-rata.

Tabel 4.1 Jumlah LHR pada ruas jalan Laha-Negeri Lima 2019

Golongan	Jenis Kendaraan	LHR 2019 (kend/hari/2 arah)
1	Sepeda Motor	1591
2	Sedan, Jeep, St. Wagon	323
3	Agkutan Penumpang Sedang	497
4	Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran	370
5a	Bus Kecil	44
5b	Bus Besar	4
6a	Truk 2 Sumbu, 4 roda	52
6b	Truk 2 Sumbu, 6 roda	2

Sumber: Hasil survey, 2019

4.2 Metode Manual Desain Perkerasan 2017

Perencanaan tebal lapis perkerasan jalan dalam penelitian ini menggunakan metode Manual Perkerasan Jalan 2017. Data-data yang digunakan yaitu, data lalu lintas dan tipe perkerasan jalan.

4.2.1 Perhitungan Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA)

Nilai CESA didapat dari perhitungan menggunakan Persamaan 2.2. Perhitungan CESA dengan umur rencana 20 Tahun dan faktor perkembangan lalu lintas selama umur rencana sebesar 3,5% per Tahun dengan menggunakan VDF.

Tabel 4.2 Perhitungan Nilai Kumulatif Beban Sumbu 20 Tahun Pada Lajur Rencana

Jenis Kendaraan	Lintas Harian Rata-Rata (2 arah)	LHR 2019	LHR 2021	VDF4 FAKTUAL	VDF4 NORMAL	VDF5 FAKTUAL	VDF5 NORMAL	R		ESA4		ESA5	
								('19-'21)	('22-'39)	('19-'21)	('22-'39)	('19-'21)	('22-'39)
1	1591	1591	1704.319										
2	323	323	346.006										
3	497	497	532.399	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	370	370	396.353										
5a	44	44	47.134										
5b	4	4	4.285	1	1	1	1	2.00	18.01	1460.02555	14080.08486	1460.02555	14080.0849
6a	52	52	55.704	0.55	0.55	0.55	0.5	2.00	18.01	10439.1827	100672.6068	10439.1827	91520.5516
6b	2	2	2.142	3	2.5	4	3	2.00	18.01	2190.03833	17600.10608	2920.0511	21120.1273
Jumlah ESA										14089.2466	132352.7977	14819.2593	126720.764
Jumlah CESA										146442.0443		141540.0231	

Sumber: hasil Perhitungan

Contoh Perhitungan:

Permulaan periode beban normal 12 ton adalah pada tahun 2020, yaitu 2 tahun setelah 2018.

$$\begin{aligned}
 \text{LHR 2021} &= \text{LHR} \times (1 + i)^n \\
 &= 4 \times (1 + 0,035)^2 \\
 &= 4,285
 \end{aligned}$$

Tabel VDF faktual dan VDF Normal dari Tabel 2.5

Untuk nilai R dihitung menggunakan persamaan 2.3

$$\begin{aligned}
 R(2019-2021) &= \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,001 i} \\
 &= \frac{(1+0,01 (3,5\%))^2-1}{0,001 (3,5\%)}
 \end{aligned}$$

$$= 2,00$$

$$R(2022-2039) = \frac{(1+0,01 i)^{UR-1}}{0,001 i}$$

$$= \frac{(1+0,01 (3,5\%))^{18-1}}{0,001 (3,5\%)}$$

$$= 18,01$$

$$ESA_4('19-'21) = LHR 2018 \times VDF_4 \text{ faktual} \times 365 \times 0,5 \times 1 \times R(2019-2021)$$

$$= 4 \times 1 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 2,00$$

$$= 1460.0256$$

$$ESA_4('22-'39) = LHR 2024 \times VDF_4 \text{ normal} \times 365 \times 0,5 \times 1 \times R(2022-2039)$$

$$= 4,285 \times 1 \times 356 \times 0,5 \times 1 \times 18,01$$

$$= 14080.0849$$

$$ESA_5('19-'21) = LHR 2018 \times VDF_5 \text{ faktual} \times 365 \times 0,5 \times 1 \times R(2019-2021)$$

$$= 4 \times 1 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 2,00$$

$$= 1460.02555$$

$$ESA_5('22-'39) = LHR 2024 \times VDF_5 \text{ normal} \times 365 \times 0,5 \times 1 \times R(2022-2039)$$

$$= 4,285 \times 1 \times 356 \times 0,5 \times 1 \times 18,01$$

$$= 14080.0849$$

4.2.2 Penentuan Tebal Perkerasan

Penentuan tebal perkerasan dapat dilihat pada **Tabel 2.6** yaitu bagan desain perkerasan lentur. Parameter yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Besar nilai kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana $1,4 \times 10^5$ CESA₅;
2. Jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan lentur (lataston).

Berdasarkan parameter tersebut maka tebal perkerasan yang dipilih adalah tebal perkerasan pada **Tabel 2.6** dan **Tabel 4.3** memperlihatkan tebal lapisan perkerasan yang diperoleh.

Tabel 4.3 Tebal Lapisan Struktur Perkerasan

Struktur Perkerasan	Tebal Lapisan (mm)
HRS WC	50
HRS BASE	-
LPA Kelas A	150
LPB Kelas B	150

4.3 Metode AASHTO 1993

Perencanaan tebal lapis perkerasan jalan dalam penelitian ini menggunakan metode AASHTO 1993. Data-data yang digunakan yaitu, data lalu lintas, dan tipe perkerasan jalan dan Jenis perkerasan .

4.3.1 Data Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

Data-data yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan Lentur adalah Jalan Laha – Negeri Lima adalah sebagai berikut:

Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata:

- Sepeda Motor= 1596
- Sedan, Jeep, St. Wagon = 323
- Angkutan Penumpang Sedang = 497
- Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran = 370
- Bus Kecil = 44
- Bus Besar = 4
- Truk 2 Sumbu, 4 roda = 52
- Truk 2 Sumbu, 6 roda= 2
- Tipe Jalan = 2/2 UD
- Jenis Permukaan = laston
- Fungsi Jalan = Kolektor
- Tingkat Reliabilitas = urban
- CBR Tanah Dasar= 2,5 %
- Umur rencana (UR) = 20 tahun
- Laju Pertumbuhan Lalu Lintas(i)= 3,5 per tahun

Data asumsi:

- SN1 = 1
- SN = 2
- Kualitas Drainase = sangat baik
- Nilai IRI = >1m/km
- % Kadar Air Mendekati Jenuh = <1

4.3.2 Perencanaan Tebal Perkerasan lentur Dengan Umur Rencana 20 Tahun

Berdasarkan data-data diatas, perencanaan tebal lapisan perkerasan Jalan Laha – Negeri Lima dengan menggunakan metode AASHTO 1993 dengan umur rencana 20 tahun dilakukan dalam beberapa tahapan. Mulai dari perhitungan Distribusi Sumbu Beban Kendaraan, Repetisi.

4.3.3 Distribusi Sumbu Beban Kendaraan

Distribusi sumbu beban kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 4.4** yang ditentukan berdasarkan berat total maksimum dalam satuan ton.

Tabel 4.4 Hasil Distribusi Beban Sumbu Kendaraan

No.	Kelas Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu Rata-Rata (ton)	
			ST-1	ST-2
1	Sepeda Motor	1.1	0.000	0.000
	Sedan, Jeep, St. Wagon	1.1	1.000	1.000
3	Agkutan Penumpang Sedang	1.1	1.000	1.000
4	Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran	1.1	1.000	1.000
5a	Bus Kecil	1.1	1.000	1.000
5b	Bus Besar	1.2	3.060	5.940
6a	Truk 2 Sumbu, 4 roda	1.1	1.000	1.000
6b	Truk 2 Sumbu, 6 roda	1.2	3.060	5.940

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan:

- Kelas kendaraan = Mobil Penumpang
- Konfigurasi sumbu = 1.1

- Berat Kosong = 1,5 ton (**Gambar 2.4**)
- Berat Muatan = 0,5 ton (**Gambar 2.4**)
- Berat Total Maksimum = 2,0 ton (**Gambar 2.4**)
- Distribusi Beban = 50% - 50% (**Gambar 2.4**)
- Berat Beban Per Sumbu = 50% x Berat Total Maksimum = 50% x 2,00 ton
= 1,0 ton

Berat mobil penumpang untuk roda depan dan roda belakang masing-masing 1,0 ton.

4.3.4 Perhitungan Nilai Ekuivalen Umur Rencana 20 Tahun

Nilai ekuivalen ditentukan berdasarkan **Tabel 2.9** dan **Tabel 2.10** dengan mengasumsikan nilai SN adalah 2 yang disesuaikan dengan berat kendaraan. Hasil Nilai Ekuivalen untuk Umur Rencana 20 Tahun dapat dilihat pada **Tabel 4.5** di bawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Nilai Ekuivalen, SN = 2

No.	Kelas Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu Rata-Rata (ton)		Total Ekuivalen
			ST-1	ST-2	
1	Sepeda Motor	1.1	0	0	0
2	Sedan, Jeep, St. Wagon	1.1	0.0008	0.0008	0.0016
3	Agkutan Penumpang Sedang	1.1	0.0008	0.0008	0.0016
4	Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran	1.1	0.0008	0.0008	0.0016
5a	Bus Kecil	1.1	0.0008	0.0008	0.0016
5b	Bus Besar	1.2	0.032	0.2864	0.3184
6a	Truk 2 Sumbu, 4 roda	1.1	0.0008	0.0008	0.0016
6b	Truk 2 Sumbu, 6 roda	1.2	0.0320	0.2864	0.3184

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan:

- Kelas kendaraan = Mobil Penumpang
- Konfigurasi sumbu = 1.1
- SN = 2
- E0,9 = 0,0004 (**Tabel 2.9**)
- E1,8 = 0,004 (**Tabel 2.9**)
- E1,0 = $0,0004 - [(1,0 - 0,9) / (1,8 - 0,9)] \times (0,0004 - 0,004)$
= 0,0008
- Total Ekievalen = $0,0008 + 0,0008$
= 0,0016

4.3.5 Menentukan Faktor Distribusi Arah (D_A) dan Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Dari rentang Faktor Distribusi Arah (D_A) 0,3-0,7, diambil nilai D_A adalah 0,5. Sedangkan Faktor Distribusi Lajur (D_L) diambil nilai 100% disesuaikan dengan jumlah jalur per arah yaitu 1 jalur per arah berdasarkan **Tabel 2.8**

4.3.6 Menentukan Faktor Umur Rencana 20 Tahun

Faktor Umur Rencana (N) sama dengan 20 tahun dapat ditentukan dalam dua cara yaitu berdasarkan **Tabel 2.12** dan **Rumus 2.6**, dengan mengasumsikan nilai Laju Pertumbuhan Lalu Lintas daerah yang terdekat dengan Provinsi Maluku yaitu Provinsi Sulawesi Utara adalah 3,5%. Dari hasil tabel dan rumus menunjukkan nilai faktor umur rencana adalah 28,27968181.

$$N = [(1 + i)^{UR} - 1] / i$$

$$= [(1 + 0,035)^{20} - 1] / 0,035$$

$$= 28,27968181$$

4.3.7 Perhitungan Repetisi Beban Selama Umur Rencana 20 Tahun

Dalam perhitungan Repetisi Beban Selama Umur Rencana harus diketahui data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), Faktor Distribusi Arah (D_A), Faktor Distribusi Lajur (D_L) dan Faktor Umur Rencana (N). Nilai lalu lintas harian rata-rata akan dikalikan dengan nilai ekuivalen seperti pada **Tabel 4.6**. **Tabel 4.7** memperlihatkan nilai repetisi beban selama umur rencana.

Tabel 4.6 Hasil Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), SN = 2

No.	Kelas Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	LHR (kend/hari/2 arah)	Nilai Ekuivalen	LHR * E
1	Sepeda Motor	1.1	1591	0.0000	0.00
2	Sedan, Jeep, St. Wagon	1.1	323	0.0016	0.52
3	Agkutan Penumpang Sedang	1.1	497	0.0016	0.80
4	Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran	1.1	370	0.0016	0.59
5a	Bus Kecil	1.1	44	0.0016	0.07
5b	Bus Besar	1.2	4	0.3184	1.27
6a	Truk 2 Sumbu, 4 roda	1.1	52	0.0016	0.08
6b	Truk 2 Sumbu, 6 roda	1.2	2	0.3184	0.64
Jumlah			2883	0.6448	3.97

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan:

Kelas kendaraan = Mobil Penumpang

Konfigurasi sumbu = 1.1

LHR = 497 kendaraan/hari/2

arah Nilai Ekiuvalen = 0,0016

Berat Beban Per Sumbu = LHR x Nilai Ekiuvalen

$$= 497 \times 0,0016$$

$$= 0,80$$

Tabel 4.7 hasil Jumlah Repetisi Beban Kendaraan, UR = 20 Tahun

SN	Konfigurasi Sumbu	LHR 2018 * E	DA	DL	N	Jumlah Hari Dalam 1 Tahun	W18
		(kend/hari/2 arah)					
1	1.1	0.00	0.5	1	28.2797	365	0.000
2	1.1	0.52	0.5	1	28.2797	365	2667.226
3	1.1	0.80	0.5	1	28.2797	365	4104.061
4	1.1	0.59	0.5	1	28.2797	365	3055.337
5a	1.1	0.07	0.5	1	28.2797	365	363.337
5b	1.2	1.27	0.5	1	28.2797	365	6573.103
6a	1.1	0.08	0.5	1	28.2797	365	429.399
6b	1.2	0.64	0.5	1	28.2797	365	3286.552
Jumlah							20479.014

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan:

Kelas kendaraan = Mobil Penumpang

Konfigurasi sumbu = 1.1

LHR x E = 0,80

DA = 0,5

DL = 1,0

N = 28,2797

W18 mobil penumpang = $\sum LHR_i \times D_A \times D_L \times 365 \times N$

$$= 0,80 \times 0,5 \times 1,0 \times 365 \times 28,2797$$

$$= 4104,061 \text{ lss/ur/lajur}$$

W18 total = 20479,014 lss/ ur/lajur

4.3.8 Menentukan Reliabilitas (R)

Reliabilitas (R) dapat ditentukan dengan menggunakan **Tabel 2.13** dengan asumsi fungsi jalan adalah kolektor serta jenis rekomentasi tingkat reliabilitas adalah urban sehingga didapatkan rentang 80%-90% dan diambil nilai Reliabilitas adalah 80%. Dengan **Tabel 2.14** diasumsikan nilai Deviasi Standar sebesar 0,4 dan persenan Reliabilitas 80% akan disapatkan nilai Z_R adalah -0,841 dan nilai F_R adalah 2,17.

4.3.9 Menentukan Koefisien Drainase (m)

Dalam menentukan nilai Koefisien Drainase (m), terlebih dahulu diketahui kualitas drainase berdasarkan lamanya air mengalir sesuai dengan **Tabel 2.15** dan diasumsikan kualitas drainase baik dengan lama waktu air hilang dipermukaan adalah 2 jam. **Tabel 2.16** digunakan untuk menentukan koefisien drainase (m) dengan mengasumsikan nilai persenan waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh yaitu <1%, sehingga didapatkan rentang 1,40-1,35 dan diambil nilai koefisien drainase adalah 1,4.

4.3.10 Perhitungan Modulus Resilient (M_R)

Nilai Modulus Reslient (M_R) dihitung dengan menggunakan **Rumus 2.8** atau **Rumus 2.6** dengan diketahui nilai CBR tanah dasar 2,5%. Nilai M_R juga dapat dientukan dengan menggunakan **Tabel 2.17**.

$$\begin{aligned} M_R &= 2555(\text{CBR tanah dasar})^{0,64} \\ &= 2555(2,5)^{0,64} \\ &= 4.592,747 \text{ psi} \end{aligned}$$

4.3.11 Menentukan Indeks Permukaan Awal (IP₀) dan Indeks Permukaan Akhir (IP_t)

Nilai Indeks Permukaan Awal (IP₀) ditentukan berdasarkan **Tabel 2.18** dengan diasumsikan jenis lapis permukaan adalah lapis aspal beton (laston) dengan nilai *Roughness* (IRI) adalah > 1 m/km. Dari hasil tabel didapatkan nilai indeks permukaan awal adalah dengan rentang 3,9-3,5 dan diambil nilai IP₀ sama dengan 3,5.

Nilai Indeks Permukaan Akhir (IP_t) ditentukan berdasarkan **Tabel 2.19** dengan diasumsikan fungsi jalan adalah kolektor. Dari hasil tabel didapatkan nilai Indeks Permukaan Akhir adalah 2,5.

4.3.12 Perhitungan Nilai *Structural Number* (SN) Umur Rencana 20 Tahun

Nilai *Structural Number* (SN) ditentukan dengan menggunakan rumus. Untuk mencari nilai *Structural Number* ada beberapa data yang harus diketahui terlebih dahulu yaitu:

$$W_{18} = 20.479,014 \text{ ss/ur/lajur}$$

$$Z_R = -0,841$$

$$F_R = 2,17$$

$$S_0 = 0,4$$

$$IP_0 = 3,5$$

$$IP_t = 2,5$$

$$\text{MR tanah dasar} = 4.592,747 \text{ psi}$$

$$\text{Log}(W_{18} \times F_R) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \text{log}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{log} \frac{\Delta PSI}{(4,2-1,5)}}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}}$$

$$+2,32 \times \log M_R - 8,07$$

$$\text{Log } (20.479,014 \times 2,17) = -0,841 \times 0,4 + 9,36 \times \log (\text{SN} + 1) - 0,20 + \frac{\log \frac{(3,5-2,5)}{(4,2-1,5)}}{0,40 + \frac{1094}{(\text{SN}+1)^{5,19}}}$$

$$+ 2,32 \times \log 4.592,747 - 8,07$$

$$\text{SN} = 2$$

4.3.13 Perhitungan Tebal Perkerasan lentur Umur Rencana 20 Tahun

Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan lentur dapat diketahui dengan menggunakan

Rumus 2.4 dengan diketahui data yaitu:

$$a_1, a_2, a_3 = 0,40, 14, 0,13$$

$$\text{SN}_1, \text{SN}_2, \text{SN}_3 = 1, 1,8, 2$$

$$m_2, m_3 = 1,4$$

$$D_1 = \frac{\text{SN}_1}{a_1} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ inc}$$

$$D_2 = \frac{\text{SN}_2 - a_1 \times D_1}{a_2 \times m_2} = \frac{1,8 - 0,4 \times 2,5}{0,14 \times 1,4} = 4,081632653 \text{ inc}$$

$$D_3 = \frac{\text{SN}_3 - a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2}{a_3 \times m_3}$$

$$= \frac{2 - 0,4 \times 2,5 + 0,14 \times 1,4 \times 4,081632653}{0,13 \times 1,4}$$

$$= 9.89010989 \text{ inc}$$

$$D_1 = 2,5 * 2,54 = 6,35 \text{ cm}$$

$$D_2 = 4,081632653 * 2,54 = 10,3673 \text{ cm}$$

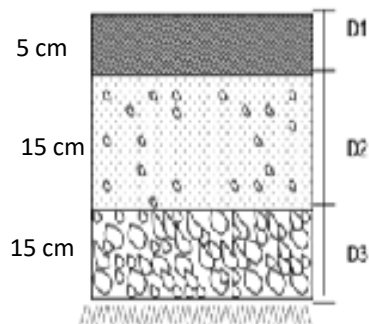
$$D_3 = 9.89010989 * 2,54 = 25,1209 \text{ cm}$$

Hasil tebal perkerasan jalan dengan menggunakan metode MDP 2017 dan AASTHO 1993 adalah seperti pada **Tabel 4.8**.

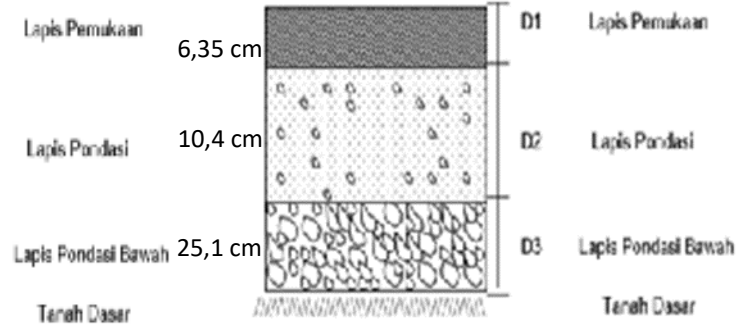
Tabel 4.8 hasil tebal perkerasan

Struktur Perkerasan	Metode MDP 2017	Metode AASTHO 1993
Lapis Perkerasan (D1)	5 cm	6,35 cm
Lapis Pondasi (D2)	15 cm	10,3673 cm
Lapis Pondasi Bawah (D3)	15 cm	25,1209 cm

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.1 Hasil MDP 2017



Gambar 4.2 Hasil AASTHO 1993